

Patent Abstract

BEST AVAILABLE COPY

Already in cart

GER 2002-11-14 10121747 **Element for the combined Symmetrisierung and homogenization of a; luminous beam**

INVENTOR(S)- Brenner, Karl Heinz, Dr. 68309 Mannheim DE

APPLICANT(S)- Deutsche Thomson-Brandt GmbH 78048 Villingen-Schwenningen DE

PATENT NUMBER- 10121747/DE-A1

PATENT APPLICATION NUMBER- 10121747

DATE FILED- 2001-05-04

DOCUMENT TYPE- A1, DOCUMENT LAID OPEN (FIRST PUBLICATION)

PUBLICATION DATE- 2002-11-14

INTERNATIONAL PATENT CLASS- G02B02709; G02B02709

PATENT APPLICATION PRIORITY- 10121747, A

PRIORITY COUNTRY CODE- DE, Germany, Ged. Rep. of

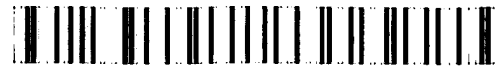
PRIORITY DATE- 2001-05-04

FILING LANGUAGE- German

LANGUAGE- German NDN- 203-0503-6144-3

The invention concerns an element for the combined Symmetrisierung and; homogenization of a luminous beam as well as a procedure for the draft; of a such element. A task of the available invention is it to propose; an element and an appropriate draft procedure by means of whose out of; a luminous beam with inhomogenous distribution of intensity a luminous; beam with arbitrary distribution of intensity is formed. In particular; a luminous beam with elliptical distribution of intensity is to be; transformed into one with another elliptical distribution of; intensity. In addition a phase element is according to invention; envisaged for the simultaneous Zirkularisierung and homogenization of; anisotropic intensities of electromagnetic waves.

EXEMPLARY CLAIMS- 1. Phase element (1) to the simultaneous Zirkularisierung and homogenization of anisotropic intensity distributions of arranged radiation. 2. Phase element in accordance with requirement 1, by the fact characterized that it is a refraktives or diffraktives phase element (1). 3. Phase element in accordance with one of the requirements 1 or 2, by the fact characterized that it is certain in accordance with a draft procedure one of the requirements 6 to 10. 4. Equipment for illuminating an optical component with given distribution of intensity exhibiting a phase element (1) in accordance with one of the requirements 1 to 3. 5. Equipment for reading and/or describing optical recording carriers (2) exhibiting a phase element (1) in accordance with one of the requirements 1 to 3. 6. Equipment according to requirement 4 or 5, by the fact characterized that it exhibits a correction element (6) to the Parallelisieren. 7. Draft procedure for determining the phase distribution of a phase element (1), which a luminous beam (4) exit- jet density-a distribution (11) into one a goal a jet density- distribution (12) converts, by the fact characterized that at least two sequential transformations ($T1 * T2 * \dots * TN$) to be implemented, whereby the first transformation ($T1$) is a meridionale transformation and the further transformation ($T2, \dots, TN$) a linear transformation with constant determinant is. 8. Draft procedure for determining the phase distribution of a phase element (1), which a luminous beam (4) exit- jet density-a distribution (11) into one a second elliptical distribution (12) converts, by the fact characterized that two sequential transformations are implemented, whereby the first transformation equidistant radius segments (14, ri) on not- transformed and the second transformation Ringsegmente (15) of a first elliptical distribution to Ringsegmente (15') of the second elliptical distribution transforms equidistant radius segments (14', Ri). 9. Draft procedure according



⑩ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 21 747 A 1**

⑥ Int. Cl.⁷:
G 02 B 27/09

⑳ Aktenzeichen: 101 21 747.1
㉔ Anmeldetag: 4. 5. 2001
㉕ Offenlegungstag: 14. 11. 2002

DE 101 21 747 A 1

㉑ Anmelder:
Deutsche Thomson-Brandt GmbH, 78048
Villingen-Schwenningen, DE

㉒ Erfinder:
Brenner, Karl Heinz, Dr., 68309 Mannheim, DE

㉓ Entgegenhaltungen:
DE 195 24 936 C1
DE 195 20 187 C1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

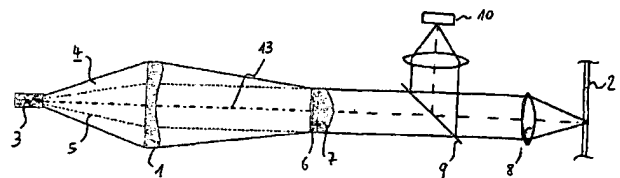
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔ Element zur kombinierten Symmetrisierung und Homogenisierung eines Strahlenbündels

㉕ Die Erfindung betrifft ein Element zur kombinierten Symmetrisierung und Homogenisierung eines Strahlenbündels sowie ein Verfahren zum Entwurf eines derartigen Elements.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Element und ein entsprechendes Entwurfsverfahren vorzuschlagen, mittels dessen aus einem Strahlenbündel mit inhomogener Intensitätsverteilung ein Strahlenbündel mit beliebiger Intensitätsverteilung geformt wird. Insbesondere soll ein Strahlenbündel mit elliptischer Intensitätsverteilung in eines mit einer anderen elliptischen Intensitätsverteilung umgeformt werden.

Erfindungsgemäß ist dazu ein Phasenelement zur gleichzeitigen Zirkularisierung und Homogenisierung anisotroper Intensitäten elektromagnetischer Wellen vorgesehen.



DE 101 21 747 A 1



- [0001] Die Erfindung betrifft ein Element zur kombinierten Symmetrisierung und Homogenisierung eines Strahlenbündels sowie ein Verfahren zum Entwurf eines derartigen Elements.
- 5 [0002] In der Optik tritt des öfteren das Problem auf, daß ein vorhandenes Strahlenbündel mit inhomogener Intensitätsverteilung in ein Strahlenbündel einer anderen Intensitätsverteilung umgeformt werden soll. So besitzt das Licht von Halbleiterlasern wegen der Entstehung im Resonator eine Helligkeitsverteilung, die zum Rand hin stark abfällt. Man spricht von einer gaußförmigen Verteilung, die die Form einer Glockenkurve besitzt. Da der Resonator in der Regel in x- und y-Richtung nicht symmetrisch ist, ist die Breite der Glockenkurve in beiden Richtungen stark unterschiedlich. Typischerweise ist das Breitenverhältnis in x- und y-Richtung etwa 1 : 3.
- 10 [0003] Für die sogenannte Strahlformung kommen prinzipiell diffraktive und refraktive Verfahren in Frage. Diffraktiv heißt "beugend" und die Lichtablenkung wird hier durch gitterartige Strukturen erreicht. Vorteil der diffraktiven Elemente ist, daß hinsichtlich des Designs keine Einschränkungen existieren und somit beliebige Funktionen erreicht werden können. Gravierender Nachteil der diffraktiven Strukturen ist die extreme Winkel- und Wellenlängenabhängigkeit der Beugung. Refraktive Strukturen erreichen die Strahlablenkung durch Brechung an Grenzflächen. Diese ist weitgehend winkel- und wellenlängenunabhängig. Die Entwurfsverfahren für refraktive Elemente unterliegen gewissen Einschränkungen und sind daher, nur für einige Spezialfälle der Strahlformung gelöst.
- 15 [0004] Die Unsymmetrie der Lichtverteilung von Halbleiterlasern wird bisher durch sogenannte astigmatische Korrekturlemente behoben. Dies wird als Symmetrisierung oder Zirkularisierung bezeichnet. Hierbei handelt es sich meist um eine Kombination aus zwei hintereinander angeordneten Zylinderlinsen. Die gaußförmige Helligkeitsverteilung wird in der Regel nicht kompensiert, d. h. eine Homogenisierung wird nicht vorgenommen. Dort, wo eine Homogenisierung erforderlich ist, wird sie durch sphärische Linsenkombinationen oder durch Strahlformungselemente erreicht. Ziel ist es dabei, die gaußförmige Lichtverteilung in ein sogenanntes flat-top-Profil zu verwandeln, das innerhalb eines kreisförmigen Bereichs eine flache Helligkeitsverteilung besitzt. Die Kombination der Funktionen Homogenisierung und Symmetrisierung in einem einzigen refraktiven Element ist bisher noch nicht bekannt.
- 20 [0005] Die bekannten Verfahren zur Symmetrisierung sind in der Montage sehr aufwendig. Zunächst werden qualitativ hochwertige Zylinderlinsen benötigt, die dann in vier Freiheitsgraden positioniert werden müssen: Das Linsenzentrum der ersten Linse muß zunächst auf die optische Achse gebracht werden. Dann muß das Linsenzentrum der zweiten Linse auf die optische Achse gebracht werden. Die Linsen müssen weiterhin zueinander im richtigen Abstand stehen und zueinander im richtigen Drehwinkel platziert werden.
- 30 [0006] Die Kombination der Funktionen von Symmetrisierung und Homogenisierung würde zwei weitere Positionierfreiheitsgrade erfordern. Es wären hierfür 4 Komponenten erforderlich. Somit treten 8 Grenzflächen auf, die einzeln entspiegelt werden müßten, um einen Reflektionsverlust von $(1.00 - 0.96^8 = 28\%)$ zu vermeiden. Durch die Entspiegelung treten weitere Farbeffekte auf.
- 35 [0007] Aus der US-A-3,476,463 ist ein Zwei-Elemente-System bekannt, das Strahlen eines kohärenten Strahlenbündels in ein Strahlenbündel einer anderen vorgegebenen Intensitätsverteilung umformt. Nachteilig an dieser bekannten Lösung ist, daß sie nur für kohärente Strahlenbündel und für eine rotationssymmetrische Verteilung des Ausgangsstrahlenbündels geeignet ist.
- 40 [0008] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Element und ein entsprechendes Entwurfsverfahren vorzuschlagen, mittels dessen aus einem Strahlenbündel mit inhomogener Intensitätsverteilung ein Strahlenbündel mit beliebiger Intensitätsverteilung geformt wird. Insbesondere soll ein Strahlenbündel mit elliptischer Intensitätsverteilung in eines mit einer anderen elliptischen Intensitätsverteilung umgeformt werden.
- 45 [0009] Gelöst wird diese Aufgabe wie im folgenden beschrieben. Das erfindungsgemäße Phasenelement ermöglicht es, ein Strahlenbündel mit inhomogener Intensitätsverteilung, die im allgemeinen nicht rotationssymmetrisch ist, in eines mit beliebiger Intensitätsverteilung zu formen. Die Strahlung kann hier sowohl elektromagnetische Strahlung sein, insbesondere Licht, als auch eine andere Form gerichteter Strahlung, beispielsweise Teilchenstrahlung. Das Phasenelement kann dabei erfindungsgemäß sowohl ein refraktives Phasenelement sein, was den Vorteil einer größeren Wellenlängen- und Winkelunabhängigkeit hat, als auch ein diffraktives Phasenelement, was den Vorteil größerer Designfreiheit hat. Die Ausgangs-Intensitätsverteilung ist insbesondere elliptisch, während die Ziel-Intensitätsverteilung ebenfalls in allgemeiner Form elliptisch ist. Speziellere Varianten der Ziel-Intensitätsverteilung sind dabei rotationssymmetrisch, elliptisch mit geändertem Halbachsenverhältnis oder elliptisch mit rotierten Hauptachsen.
- 50 [0010] Das Phasenelement ist dabei so ausgelegt, daß es die Dichteverteilung der Strahlen des Strahlenbündels in die gewünschte Dichteverteilung ändert. Optional bewirkt ein weiteres optisches Element, im folgenden Korrekturlement genannt, eine Parallelisierung der Strahlen des Strahlenbündels, sofern dies erwünscht ist. Auch das Korrekturlement kann sowohl diffraktiv als auch refraktiv ausgelegt sein. Sowohl diffraktive als auch refraktive Elemente sind im allgemeinen als Transmissionselement vorgesehen, eine Auslegung als Reflexionselement liegt aber ebenfalls im Rahmen der Erfindung.
- 55 [0011] Es wird als ein Beispiel eine optische Komponente einschließlich Entwurfsverfahren beschrieben, die zusätzlich zur Homogenisierung auch die Aufgabe der Zirkularisierung übernimmt. Eine derartige Komponente unterscheidet sich meßbar von Komponenten zur alleinigen Homogenisierung, sie ermöglicht gleichzeitige Homogenisierung und Zirkularisierung bei geringstem Lichtverlust und geringster Baugröße.
- 60 [0012] Vorteile der Erfindung ergeben sich daraus, daß die überwiegende Anzahl von Halbleiterlasern Kantenemitter sind und daher fertigungsbedingt ein stark asymmetrisches Strahlprofil aufweisen. Ebenso trifft dies auf Laserarrays zum Pumpen von Hochleistungslasern zu. Typischerweise verwendet man allein für die Zirkularisierung mindestens zwei Zylinderlinsen.
- 65 [0013] Das erfindungsgemäße Entwurfsverfahren zum Bestimmen der Phasenverteilung eines Phasenelements, welches ein Strahlenbündel einer ersten, insbesondere elliptischen Verteilung in eines einer zweiten elliptischen Verteilung umwandelt, besteht erfindungsgemäß aus zumindest zwei sequentiellen Transformationen, von denen eine Transforma-



tion eine meridionale Transformation ist und die anderen lineare Transformationen mit konstanter Determinante sind. Dies kann sowohl eine einzige lineare Transformation sein als auch eine Sequenz mehrerer linearer Transformationen mit konstanter Determinante sein. Erfindungsgemäß reicht Beachtung dieser Bedingungen aus, die gewünschte Phasenverteilung zu bestimmen.

[0014] Eine bevorzugte Variante besteht erfindungsgemäß aus zwei sequentiellen Transformationen, wobei die erste äquidistante Radiensegmente auf nicht-äquidistante Radiensegmente transformiert und die zweite Ringsegmente der ersten Verteilung auf Ringsegmente der zweiten Verteilung transformiert. Vorteilhafterweise wird durch die erste Transformation die Homogenisierung erzielt und eine definierte Ausgangssituation für die durch die zweite Transformation erzielte Symmetrisierung geschaffen. Die Zielverteilung der ersten Transformation kann sowohl eine homogene Strahlendichteverteilung sein als auch eine nicht-gleichförmige, aber gezielt vorgegebene Dichteverteilung der Strahlen eines Strahlenbündels. Auch letzteres soll hier unter dem Begriff "Homogenisierung" verstanden werden. In vielen Fällen wird die Ausgangsverteilung der Strahlendichte kreisförmige oder elliptische Symmetrie aufweisen, aber auch nicht-elliptische Ausgangsverteilungen werden erfindungsgemäß mittels der ersten Transformation in eine elliptische Zwischen-Verteilung transformiert. Mittels der zweiten Transformation wird die Zwischen-Strahlendichteverteilung, die eine erste elliptische Verteilung ist, in eine zweite elliptische Verteilung, die Ziel-Strahlendichteverteilung, transformiert. In vielen Fällen ist die zweite elliptische Verteilung eine rotationssymmetrische Verteilung. Das erfindungsgemäße Entwurfsverfahren ermöglicht es aber ebenfalls, eine Ziel-Strahlendichteverteilung einer anderen elliptischen Symmetrie, beispielsweise mit geändertem Halbachsenverhältnis oder mit im Vergleich zur ersten elliptischen Verteilung gedrehten Halbachsen zur erzielen.

[0015] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, die optische Leistung je korrespondierendem Radiensegment bzw. Ringsegment konstant zu halten. Die Radial- bzw. Ringsegmente werden dabei jeweils so in ihrer Größe gewählt, daß die optische Leistung konstant bleibt. Dies hat den Vorteil, daß die vom Laser emittierte Lichtmenge nahezu vollständig in das optische System eingebracht wird.

[0016] Erfindungsgemäß ist die radiale Ausdehnung der Ziel-Dichteverteilung der Transformation frei wählbar. Dies hat den Vorteil, daß, je größer deren radiale Ausdehnung, desto kleiner ihre Intensität und entsprechend geringer der maximale Phasenhub ist. Dies gilt für kleinere radiale Ausdehnung entsprechend umgekehrt. Das Phasenelement ist somit für große radiale Ausdehnung der Ziel-Strahlendichteverteilung einfacher herstellbar, da der Phasenhub gering ist. Für kleinere radiale Ausdehnungen ist ein Phasenelement kleineren Durchmessers wählbar, für welches dann ein größerer Phasenhub einzustellen ist.

[0017] Erfindungsgemäß ist der Abstand zwischen dem Phasenelement und einer Ebene, in der die Ziel-Strahlendichteverteilung erreicht wird, frei wählbar. Dies hat den Vorteil, daß bei großem Abstand ein kleiner Gradient der Phase auftritt, wodurch das Phasenelement kostengünstiger herstellbar ist. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß der Unterschied zwischen strahlenoptischer und wellenoptischer Betrachtung bei geringem Phasengradienten gering ist, und somit nur geringe Abweichungen vom idealen Ergebnis zu erwarten sind. Umgekehrt kann der Abstand um so kleiner gewählt werden, je größer der zulässige Gradient ist. Dies hängt sowohl von den Herstellungsmöglichkeiten als auch von den tolerierbaren Abweichungen ab.

[0018] Das hier vorgeschlagene Verfahren reduziert die Anzahl der Bauelemente. Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen: Es sind weniger Grenzflächen und damit Störungen des Strahlenganges vorhanden, ein geringerer Montageaufwand ist erforderlich und ein niedrigeres Gewicht wird erreicht.

[0019] Das erfindungsgemäße Entwurfsverfahren kann im Prinzip wie folgt beschrieben werden: Die Phasenverteilung des Phasenelements wird wie folgt bestimmt:

- Darstellung der Ausgangs-Strahlendichteverteilung in Polarkoordinaten (r, φ)
- Darstellung der Zwischen-Strahlendichteverteilung in Polarkoordinaten (ρ, ψ)
- Annahme: Strahlen werden nur in meridionaler, nicht in azimuthaler Richtung abgelenkt, d. h. $\varphi = \psi$
- Berechnen einer φ -abhängigen ersten Transformationsfunktion $f_\varphi: r \rightarrow \rho$ so, daß die optische Leistung P in korrespondierenden radialen Abschnitten gleich ist:

$$I_0(r, \varphi) r dr d\varphi = I_1(\rho, \varphi) \rho d\rho d\varphi$$

- Berechnen einer zweiten Transformationsfunktion, die eine erste elliptische Verteilung in eine zweite elliptische Verteilung transformiert
- Daraus läßt sich eine Beziehung für die Ableitung der Phase des Elementes nach dem Radius $\partial\Phi(r, \varphi)/\partial r$ ermitteln
- Durch Integration erhält man die gesuchte Phase des Phasenelements

[0020] Die Phasenverteilung des optionalen Korrektorelements wird wie folgt bestimmt:

- Wellenoptische Berechnung der Lichtausbreitung nach dem Phasenelement bis zu einer vorbestimmten Homogenisierungs-Distanz z_H .
- Dadurch ergibt sich die Phase der Lichtverteilung bei z_H : $\Phi_1(r, \varphi)$
- Die Phase des Korrektorelements ergibt sich dann durch komplexe Konjugation: $\Phi_2(r, \varphi) = \Phi_1^*(r, \varphi)$.

[0021] Der erfindungsgemäße Algorithmus ist auf spezielle Aufgaben anpaßbar und liefert im Ergebnis eine refraktive optische Struktur, die nahezu verlustlos beispielsweise einen asymmetrischen Gaußstrahl in eine rotationssymmetrische flat-top-Verteilung wandelt.

[0022] Erfindungsgemäß ist alternativ dazu vorgesehen, die Dichteänderung in azimuthaler Richtung vorzunehmen, um eine gaußförmige oder auch eine nicht-gaußförmige Verteilung in eine repräsentative Verteilung umzuformen, wie bei-



spielsweise eine Supergauß-Verteilung. Alternativ ist vorgesehen, durch Dichteänderung in r- und y-Richtung eine rotationssymmetrische oder auch eine nicht-rotationssymmetrische Verteilung in eine in r, φ beziehungsweise x, y homogene Verteilung umzuformen.

5 **[0023]** Gegenstand der Erfindung ist ein Phasenelement zur gleichzeitigen Homogenisierung und Zirkularisierung insbesondere unsymmetrischer gaußförmiger Intensitätsverteilungen und ein Verfahren zur Berechnung eines derartigen Phasenelements.

[0024] Anwendungen der Erfindung sind Strahlhomogenisierung und Strahlformung für Halbleiterlaser mit anisotroper Intensitätsverteilung für die Beleuchtung optischer Systeme aber auch andere, wie die Strahlformung für die Materialbearbeitung technischer wie biologischer Materialien.

10 **[0025]** Besondere Merkmale sind: Es handelt sich um ein analytisches Entwurfsverfahren ohne Näherung. Die Aufgaben der Homogenisierung und Zirkularisierung werden durch eine einzige Tandemkomponente erfüllt. Bisherige Praxis ist es, ein anisotropes Strahlprofil zunächst durch eine Kombination von Zylinderlinsen zu zirkularisieren. Freie Parameter können gemäß der Erfindung genutzt werden, um die Herstellbarkeit und Justagetoleranz zu optimieren. Die Tandemkomponente ist vorzugsweise ein plan/asphärisches Phasenelement und bewirkt eine ortsabhängige Ablenkung von Teilstrahlen. Alternativ ist vorgesehen, ein sphärisch/asphärisches Phasenelement vorzusehen, was den Vorteil hat, einen größeren Phasenhub zu ermöglichen und das dennoch kostengünstig herstellbar ist, da zumindest eine Seite eine Standardform aufweist. Gegebenenfalls ist auch ein doppelt asphärisches Phasenelement vorgesehen, wenn besonders großer Phasenhub oder Phasengradient auszugleichen ist. Das Korrektorelement ist vorzugsweise ein plan/asphärisches Phasenelement, das gegebenenfalls mit einem weiteren Element, vorzugsweise einem Kollimator, kombiniert oder einstückig ausgeführt ist. Es steht in einer gewissen Entfernung vom ersten Teilelement entlang der Ausbreitungsrichtung des Strahlenbündels. Es bewirkt die parallele Ausrichtung der Teilstrahlen. Eine fertige Tandemkomponente unterscheidet sich in ihrer optischen Dicke meßbar von anderen üblichen Komponenten zur Homogenisierung.

[0026] Weitere Vorteile und Varianten der Erfindung sind auch der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen entnehmbar. Dabei zeigen:

25 **[0027]** Fig. 1 Gerät mit erfindungsgemäßem Phasenelement

[0028] Fig. 2 Strahlquerschnitt vor und nach einem erfindungsgemäßen Phasenelement

[0029] Fig. 3 meridionale Umverteilung

[0030] Fig. 4 erste Transformation

[0031] Fig. 5 zweite Transformation

30 **[0032]** Fig. 6 Berechnete Phasenverteilung

[0033] Fig. 7 Ausgangs-Intensitätsverteilung

[0034] Fig. 8–11 Ziel-Intensitätsverteilung

[0035] Fig. 1 zeigt ein Gerät mit einem erfindungsgemäßen Phasenelement 1. Das schematisch dargestellte Gerät ist ein Gerät zum Lesen und/oder Beschreiben optischer Aufzeichnungsträger 2. Derartige Geräte sind dem Fachmann bekannt, es werden daher nur einige wichtige Elemente beschrieben. Als Lichtquelle dient hier eine Halbleiter-Laserdiode 3, die ein divergentes Strahlenbündel 4 abgibt. Es weist elliptischen Querschnitt und eine inhomogene Dichteverteilung einzelner Strahlen 5 auf. Mittels des Phasenelements 1 wird die Dichteverteilung des Strahlenbündels 4 sowohl homogenisiert als auch symmetrisiert, d. h., innerhalb eines gegebenen Querschnitts wird eine gleichmäßige, homogene Strahlendichteverteilung erzielt und der unsymmetrische Querschnitt wird in einen symmetrischen, hier rotationssymmetrischen Querschnitt, umgewandelt. Ein Korrektorelement 6 korrigiert die Phase des homogenisierten und symmetrisierten Strahlenbündels. Es ist hier mit einer Kollimatorlinse 7 des Geräts gekoppelt dargestellt, beide Teile können aber auch einstückig ausgelegt sein. Nach Passieren der Kollimatorlinse 7 wird das Strahlenbündel mittels einer Objektivlinse 8 auf den optischen Aufzeichnungsträger 2 fokussiert, von diesem reflektiert und von einem halbdurchlässigen Spiegel 9 auf einen Photodetektor 10 gelenkt. Das Phasenelement 1 weist unterschiedliche Dicken an unterschiedlichen Orten auf, wobei die das Phasenelement 1 passierenden Strahlen das Phasenelement 1 mit unterschiedlich geänderter Phase verlassen. Das hier dargestellte Phasenelement 1 ist als plan/asphärisches Phasenelement dargestellt. Statt eines Phasenelements 1 kann auch eine Gitterstruktur eingesetzt werden, deren Gitterlinien lokal so verschoben sind, daß eine entsprechende Phasenänderung der einzelnen Strahlen des Strahlenbündels erzielt wird. Ein derartiges Gitter ist hier nicht dargestellt, es kann sowohl in Transmission als auch in Reflexion betrieben werden.

50 **[0036]** Fig. 2 zeigt in räumlicher Darstellung links oben beispielhaft den elliptischen Strahlquerschnitt 11 wie er vor Eintritt in das Phasenelement 1 aussieht und im rechten unteren Teil den rotationssymmetrischen Strahlenquerschnitt 12 wie er nach Verlassen des Korrektorelements 6 aussieht. Der gestrichelte Rahmen deutet den Ort an, an dem das Phasenelement 1 angeordnet ist. In dieser Darstellung nicht erkennbar ist die inhomogene Strahlendichte des elliptischen Strahlquerschnitts 11 sowie die homogene Strahlendichte des Strahlquerschnitts 12.

55 **[0037]** Fig. 3 zeigt die meridionale Umverteilung der Strahlen 5 des Strahlenbündels 4 zwischen Phasenelement 1 und Korrektorelement 6. Es ist dabei ein Schnitt entlang der optischen Achse 13 für einen festen Winkel dargestellt. Entlang der optischen Achse ist die Koordinate z aufgetragen, die vor dem Phasenelement 1 ihren Nullpunkt haben soll. Man erkennt, daß sich die Strahldichte für $z = 0$ in Abhängigkeit vom Radius r inhomogen ändert. Für kleine Werte von r ist sie relativ hoch, während sie für große Werte von r abnimmt. Durch Umverteilung äquidistanter radialer Abschnitte r_1, r_2, r_3, r_4 auf nicht-äquidistante radiale Abschnitte R_1, R_2, R_3, R_4 im Abstand z_1 wird eine homogene Dichteverteilung der Strahlen 5 für den hier dargestellten festen Winkel erzielt.

60 **[0038]** Fig. 4 zeigt die meridionale Umverteilung der ersten Transformation des erfindungsgemäßen Verfahrens in schematischer räumlicher Darstellung. Links ist für $z = 0$ ein Radiensegment 14 als schraffierter Winkelbereich gezeigt, das auf einen entsprechenden gleichen Winkelbereich für $z = z_1$, auf Radiensegment 14', abgebildet wird. Man erkennt, daß hier das markierte Radiensegment 14 mit $r = R$ auf ein weiter außerhalb liegendes Radiensegment 14' mit $R = \rho$ abgebildet wird.

[0039] Fig. 5 zeigt in schematischer Darstellung die zweite erfindungsgemäße Transformation, bei der ein links dargestelltes Ellipsensegment oder Ringsegment 15 auf ein rechts dargestelltes Kreisringsegment 15' transformiert wird.



[0040] Fig. 6 zeigt eine Phasenverteilung, die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren berechnet ist, in ebener, den Realteil zeigender Darstellung. Ausgangspunkt der Bestimmung dieser Phasenverteilung ist dabei ein astigmatisches Verhältnis der Halbachsen des elliptischen Strahlquerschnitts 11 von 3 zu 1, wobei die Halbachsen 1,8 mm und 0,6 mm betragen, der Durchmesser des Phasenelements 5,12 mm beträgt und die Homogenisierung in einem Abstand $z = 60$ mm vom Phasenelement 1 auftritt.

[0041] Die Ausgangsintensitätsverteilung ist in Fig. 7 in einem Pseudo-3D-Plot dargestellt. Man erkennt die inhomogene Intensitätsverteilung, die zudem nicht rotationssymmetrisch ist.

[0042] Fig. 8 zeigt die berechnete Zielintensitätsverteilung, die im wesentlichen kreisförmige Symmetrie aufweist und scharf abfallende Kanten hat. Es handelt sich hierbei um eine sehr gute sogenannte flat-top-Verteilung, die lediglich in Randbereichen geringfügige Abweichungen von der ansonsten homogenen Intensitäts-Verteilung aufweisen. Diese geringförmigen Abweichungen liegen u. a. daran, daß die vorliegende Berechnung strahlenoptisch erfolgt ist, während sich wellenoptisch gewisse Abweichungen dazu ergeben. Dies ist aber insbesondere im Fall des erfindungsgemäßen Geräts zum Lesen und/oder Beschreiben optischer Aufzeichnungsträger aus Fig. 1 unerheblich, da hierbei ein äußerer Bereich des flat-top-Profiles durchaus ausgeblendet werden kann. Insbesondere beim Nachführen der Objektivlinse 8 zur Spurführung wird diese senkrecht zur optischen Achse 13 ausgelenkt. Auslenkung und Abschattung werden vorteilhafterweise so aufeinander abgestimmt, daß möglichst im gesamten Auslenkungsbereich ein möglichst gleichmäßiger Bereich des flat-top-Profiles auf den Aufzeichnungsträger 2 fokussiert wird.

[0043] Es hat sich gezeigt, daß eine noch bessere flat-top-Verteilung erzielt wird, wenn die Berechnung mit leicht abweichenden Gaußparametern durchgeführt wird. So ergibt sich für eine elliptische Ausgangs-Strahlenverteilung mit Gaußparametern von $820 \mu\text{m}$ und $1550 \mu\text{m}$ eine optimierte flat-top-Verteilung, wenn zur Berechnung leicht geänderte Gaußparameter von $800 \mu\text{m}$ und $1600 \mu\text{m}$ verwendet werden. Fig. 9–11 zeigen Simulationen für einen konstanten ersten Gaußparameter von $800 \mu\text{m}$ und tatsächlich vorhandene Gaußparameter von $800 \mu\text{m}$ und $1600 \mu\text{m}$, wobei der zweite Gaußparameter zur Simulation variiert wurde. Für Fig. 9 sind $800 \mu\text{m}$ und $1450 \mu\text{m}$, für Fig. 10 sind $800 \mu\text{m}$ und $1500 \mu\text{m}$ und für Fig. 11 sind $800 \mu\text{m}$ und $1550 \mu\text{m}$ verwendet worden. Man erkennt, daß die flat-top-Verteilung gemäß Fig. 10 diejenige ist, die dem Ziel am nächsten kommt. Eine weitere Optimierung läßt sich durch Variation des ersten Gaußparameters erzielen.

[0044] Im folgenden wird anhand der beschriebenen Figuren das erfindungsgemäße Entwurfsverfahren für den Fall einer elliptischen, gaußförmigen Ausgangs-Strahlendichte-Verteilung und einer rotationssymmetrischen flat-top-Zielverteilung dargestellt. Die gaußförmige Beleuchtungsintensität wird beschrieben durch

$$(1) \quad I_0(r, \varphi) = e^{-2A(\varphi)r^2}$$

wobei mit

$$(2) \quad A(\varphi) = \left(\frac{\cos \varphi}{\sigma_x} \right)^2 + \left(\frac{\sin \varphi}{\sigma_y} \right)^2$$

die elliptische Gaußbreite berücksichtigt wird.

[0045] Die rotationssymmetrische flat-top-Zielverteilung kann dargestellt werden durch

$$(3) \quad I_1(\rho) = \begin{cases} \alpha & \text{für } \rho < \rho_{\max} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

[0046] Der Intensitätsfaktor α folgt aus der Erhaltung der Gesamtleistung und ist demgemäß mit dem winkelabhängigen Radius der flat-top-Verteilung verknüpft

$$(4) \quad \alpha = \frac{1}{2\rho_{\max}^2(\varphi)A(\varphi)}$$

[0047] Da die Gesamtleistung in jedem Winkelsegment φ der Ausgangsintensitätsverteilung unterschiedlich ist, wird der flat-top-Radius bei konstantem α winkelabhängig.

[0048] Für den ersten Schritt, der Homogenisierung durch meridionale Umverteilung, wird ein Winkelsegment $\delta\varphi$ bei $z = 0$ der Fig. 3 auf dasselbe Winkelsegment in der Zielebene, also $z = z_1$ der Fig. 3, abgebildet. Die Umverteilung geschieht gemäß Strahlenoptik nur in radialer Richtung:

$$(5) \quad \rho(r) = r + \frac{z}{k} \frac{\partial \varphi}{\partial r}$$

[0049] Hierbei ist r die Quellkoordinate, z der Abstand zwischen dem optischen Phasenelement $\varphi(\vec{r})$ und dem Schirm, wo die transformierte Verteilung beobachtet wird. In Fig. 3 entspricht dies dem Korrekturlement 6. Die von der Lichtwellenlänge abhängige Größe

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

und die Wellenzahl genannt.



[0050] Die Erhaltung der Leistung in jedem r, φ -Segment fordert, daß gilt:

$$(6) \quad \int_0^r I_0(r', \varphi) r' dr' = \int_0^{\rho(r, \varphi)} I_1(\rho', \varphi) \rho' d\rho'$$

[0051] Das Winkелеlement $d\varphi$ ist auf beiden Seiten dasselbe und ist daher gekürzt worden.

[0052] Diese Gleichung wird geschlossen nach $\rho(r, \varphi)$ aufgelöst:

$$(7) \quad \rho(r, \varphi) = \rho_{\max}(\varphi) / \sqrt{1 - e^{-2A(\varphi)r^2}}$$

[0053] Wegen der Beschränkung auf meridionale Umverteilung könnte die Phase aus Gleichung (5) direkt durch radiale Integration ermittelt werden. Das Element würde jedoch eine elliptische Gaußverteilung in eine entsprechende elliptische flat-top-Verteilung mit Radius

$$\rho_{\max}(\varphi) = \sqrt{\frac{1}{2\alpha A(\varphi)}}$$

transformieren.

[0054] Im zweiten Schritt wird daher erfindungsgemäß eine weitere Koordinatentransformation eingeführt. Die weitere Beschreibung erfolgt nun zweidimensional, da die gesamte Transformation hierdurch nicht-meridional wird.

[0055] In dieser Darstellung lautet die erste Transformation:

$$(8) \quad T_1: \begin{pmatrix} r \cdot \cos \varphi \\ r \cdot \sin \varphi \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \rho(r, \varphi) \cdot \cos \varphi \\ \rho(r, \varphi) \cdot \sin \varphi \end{pmatrix}$$

mit $\rho(r, \varphi)$ aus Gleichung (7). Das Ziel der zweiten Transformation ist es, die elliptische flat-top-Verteilung in eine rotationssymmetrische Verteilung zu transformieren. Dies wird erreicht durch die Transformation:

$$(9) \quad T_2: \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} x \\ y \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \end{pmatrix}$$

[0056] Die Transformation T_2 ist linear und repräsentiert eine Dehnung bzw. Stauchung in y -Richtung, je nach Wert des Faktors σ_x/σ_y . Sie wird wie folgt als Matrix geschrieben:

$$(10) \quad T_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \end{pmatrix}$$

[0057] T_2 ist eine lineare Transformation mit ortsinvarianter Metrik, die Determinante

$$\det(T_2) = 1 \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} - 0 = \text{const}$$

hängt nicht von x oder y ab. Für mehrere Transformationen T_2, \dots, T_N gilt: Alle Transformationen der Form $T_1 \cdot T_2 \dots T_N$ sind Gegenstand des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn T_1 eine meridionale Transformation ist und T_2, \dots, T_N lineare Transformationen mit der Eigenschaft $\det(T_2 \dots T_N) = \text{const}$ sind.

$$\text{Beispiel: } T_2 = T_{21} \cdot T_{22} \text{ mit } T_{21} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \sigma_x \end{pmatrix}; T_{22} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1/\sigma_y \end{pmatrix}$$

[0058] Die Produkttransformation $T_1 \cdot T_2$ läßt sich im hier betrachteten Fall gemäß Gleichung (9) und (10) zusammenfassen zur nicht-meridionalen Gesamttransformation

$$(11) \quad T: \begin{pmatrix} r \cdot \cos \varphi \\ r \cdot \sin \varphi \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} \rho_2 \cdot \cos \psi \\ \rho_2 \cdot \sin \psi \end{pmatrix}$$

mit den Beziehungen:



$$(12) \quad \rho_2 = \sigma_x \sqrt{\frac{1 - e^{-2\alpha(\varphi)} r^2}{2\alpha}}, \quad \psi = \operatorname{atan}\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_y} \tan(\varphi)\right)$$

[0059] Für die Bestimmung der optischen Phase wird ausgegangen von der zweidimensionalen vektoriellen Beziehung

$$(13) \quad \vec{\rho}_2 = \vec{r} + \frac{z}{k} \vec{\nabla} \phi$$

[0060] Unter Verwendung der Darstellung des Gradienten in Polarkoordinaten

$$(14) \quad \vec{\nabla} \phi = \frac{\partial \phi}{\partial r} \vec{e}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \varphi} \vec{e}_\varphi$$

gelten mit Gleichung (13) die partiellen Ableitungen:

$$(15) \quad \frac{\partial \phi}{\partial r} = \frac{k}{z} (\vec{\rho}_2 - \vec{r}) \cdot \vec{e}_r, \quad \frac{\partial \phi}{\partial \varphi} = \frac{kr}{z} (\vec{\rho}_2 - \vec{r}) \cdot \vec{e}_\varphi$$

[0061] Die Phase wird im zweidimensionalen Fall durch Integration über einen Pfad bestimmt:

$$(16) \quad \phi(r, \varphi) = \int_{\text{Pfad}} \vec{\nabla} \phi \cdot d\vec{s}$$

[0062] Dieses Integral ist wegunabhängig, es wird daher ein Pfad von $r = 0$ in radialer Richtung gewählt. Die Phase wird ermittelt aus dem Integral

$$(17) \quad \phi(r, \varphi) = \frac{k}{z} \int_0^r \rho_2(r', \varphi) \cos(\psi(r', \varphi) - \varphi) dr' - \frac{kr^2}{2z}$$

[0063] Dabei sind r und φ die Polarkoordinaten Ort $z = 0$ des Phaselements, k und z wie nach Gleichung (5) bereits beschrieben.

[0064] Die Höhenverteilung des Phaselements 1 wird aus der Formel

$$(18) \quad \phi(R, \varphi) = k \cdot \Delta n \cdot h(R, \varphi)$$

bestimmt. Dabei ist $h(R, \varphi)$ die Höhe des Phaselements in Polarkoordinaten, k ist die Wellenzahl und Δn ist der Brechungsunterschied an der Grenze des Phaselements. Man erkennt, daß sowohl in Formel (19) als auch in Formel (20) die Wellenlängenabhängigkeit über die Wellenzahl k bei der Bestimmung des Höhenverteilungsprofils des Phaselements 1 herausfällt. Lediglich über den Brechungsunterschied Δn kann eine geringfügige Wellenlängenabhängigkeit auftreten, die allerdings für den Anwendungsfall Strahlformung von Halbleiter-Laserlicht nicht zum Tragen kommt.

[0065] Neu an dieser Erfindung ist die Kombination von zwei Funktionen in einem einzigen Element. Neu ist insbesondere auch das Entwurfsverfahren, das es innerhalb von Grenzen gestattet, beliebige Helligkeitsprofile in neue, gewünschte umzuwandeln.

[0066] Der Vorteil der Erfindung ergibt sich sofort aus dem Nachteil der bisherigen Verfahren. Da das Element bereits verschiedene Funktionen in sich vereint, ist der Montageaufwand wesentlich geringer. Das Element kann überall dort nutzbringend eingesetzt werden, wo eine homogene Lichtverteilung für die Anwendung nötig ist. Dies ist nicht nur für den sogenannten Pickup (den Schreib-Lese-Kopf) in der optischen Speicherung, sondern auch in der Beleuchtungstechnik oder beim Laserschweißen der Fall.

Patentansprüche

1. Phaselement (1) zur gleichzeitigen Zirkularisierung und Homogenisierung anisotroper Intensitätsverteilungen von gerichteter Strahlung.

2. Phaselement gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es ein refraktives oder diffraktives Phaselement (1) ist.

3. Phaselement gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es gemäß einem Entwurfsverfahren eines der Ansprüche 6 bis 10 bestimmt ist.

4. Gerät zur Ausleuchtung einer optischen Komponente mit vorgegebener Intensitätsverteilung aufweisend ein Phaselement (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3.

5. Gerät zum Lesen und/oder Beschreiben optischer Aufzeichnungsträger (2) aufweisend ein Phaselement (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3.

6. Gerät nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Korrektorelement (6) zum Parallelisieren aufweist.

7. Entwurfsverfahren zum Bestimmen der Phasenverteilung eines Phaselements (1), das ein Strahlenbündel (4) einer Ausgangs-Strahlendichte-Verteilung (11) in eine einer Ziel-Strahlendichte-Verteilung (12) umwandelt, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei sequentielle Transformationen ($T_1 * T_2^* \dots * T_N$) ausgeführt werden, wo-



bei der erste Transformation (T_1) eine meridionale Transformation ist und die weitere Transformation (T_2, \dots, T_N) eine lineare Transformation mit konstanter Determinante ist.

8. Entwurfsverfahren zum Bestimmen der Phasenverteilung eines Phaselements (1), das ein Strahlenbündel (4) einer Ausgangs-Strahlendichte-Verteilung (11) in eine zweite elliptischen Verteilung (12) umwandelt, dadurch gekennzeichnet, daß zwei sequentielle Transformationen ausgeführt werden, wobei die erste Transformation äquidistante Radiensegmente (14, r_i) auf nicht-äquidistante Radiensegmente (14', R_i) transformiert und die zweite Transformation Ringsegmente (15) einer ersten elliptischen Verteilung auf Ringsegmente (15') der zweiten elliptischen Verteilung transformiert.

9. Entwurfsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Leistung je korrespondierendem Radiensegment (14, 14') oder Ringsegment (15, 15') konstant bleibt.

10. Entwurfsverfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die radiale Ausdehnung der Zielfunktion der Transformation frei wählbar ist.

11. Entwurfsverfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand zwischen dem Phaselement (1) und einer Ebene ($z = z_1$), in der die Zielfunktion erreicht wird, frei wählbar ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -

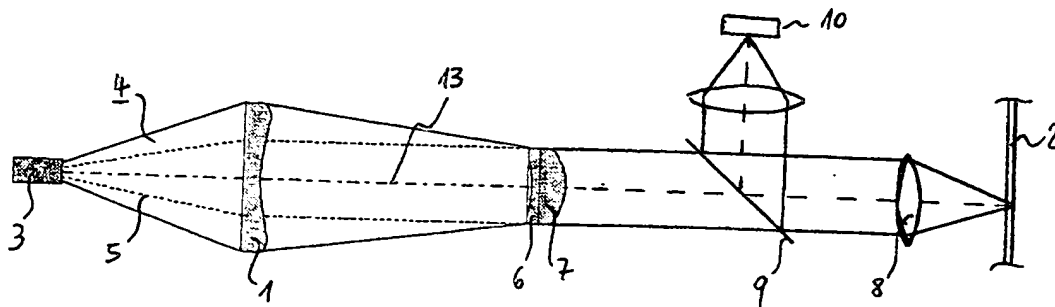


Fig. 1

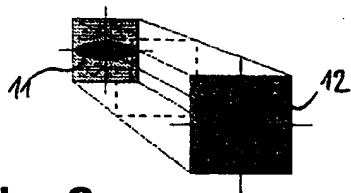


Fig. 2

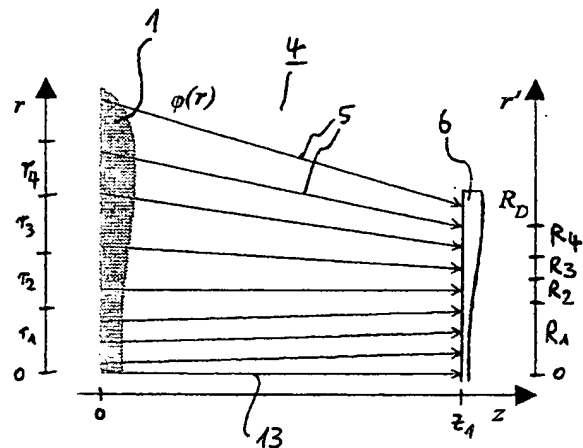


Fig. 3

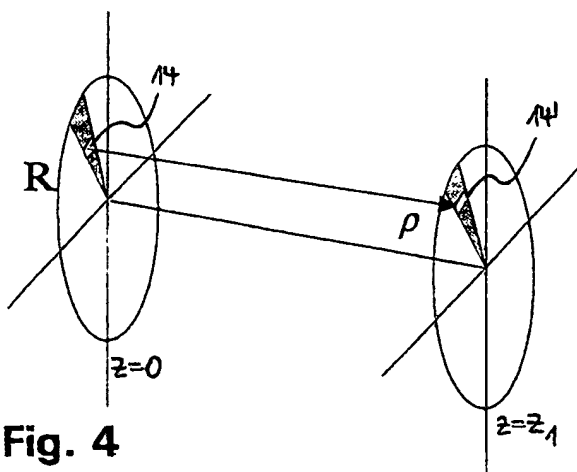


Fig. 4

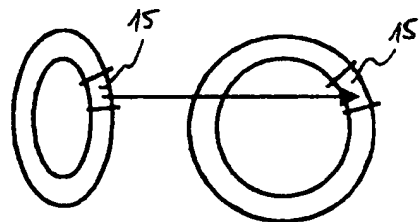


Fig. 5

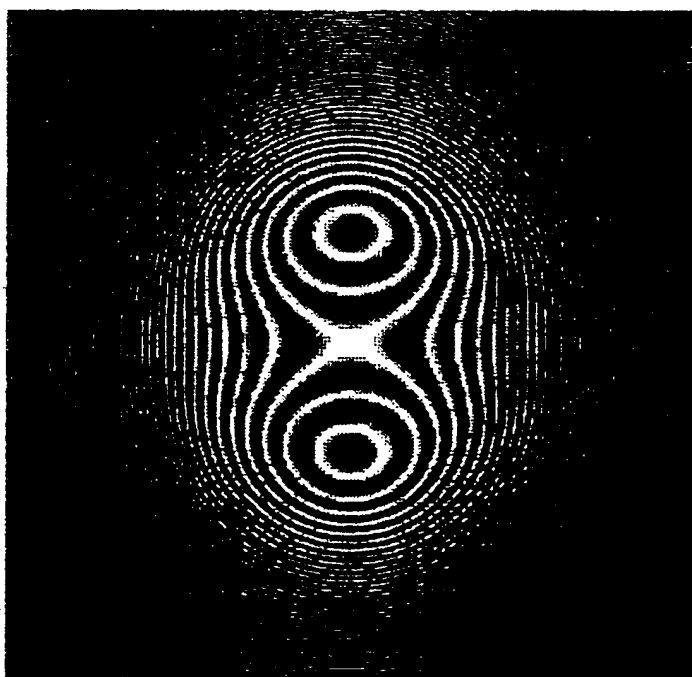


Fig. 6

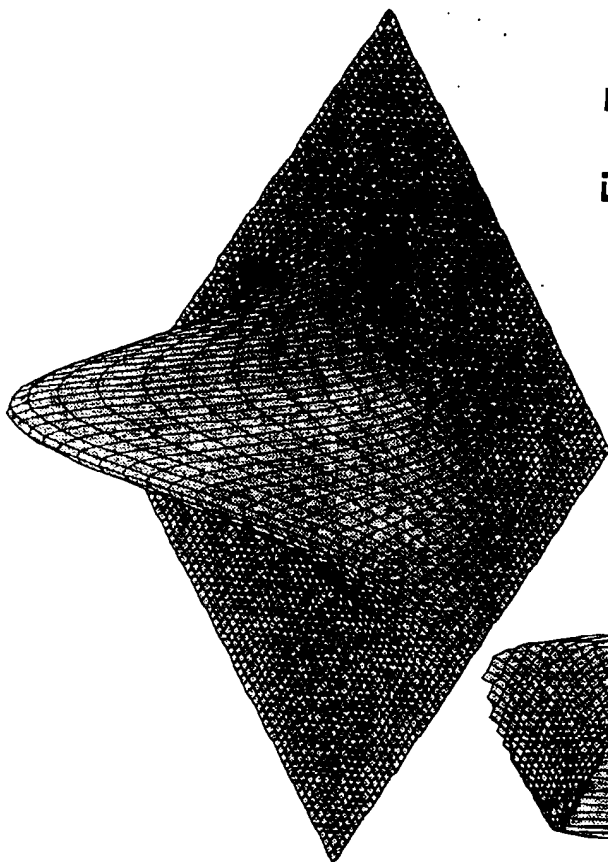


Fig. 7

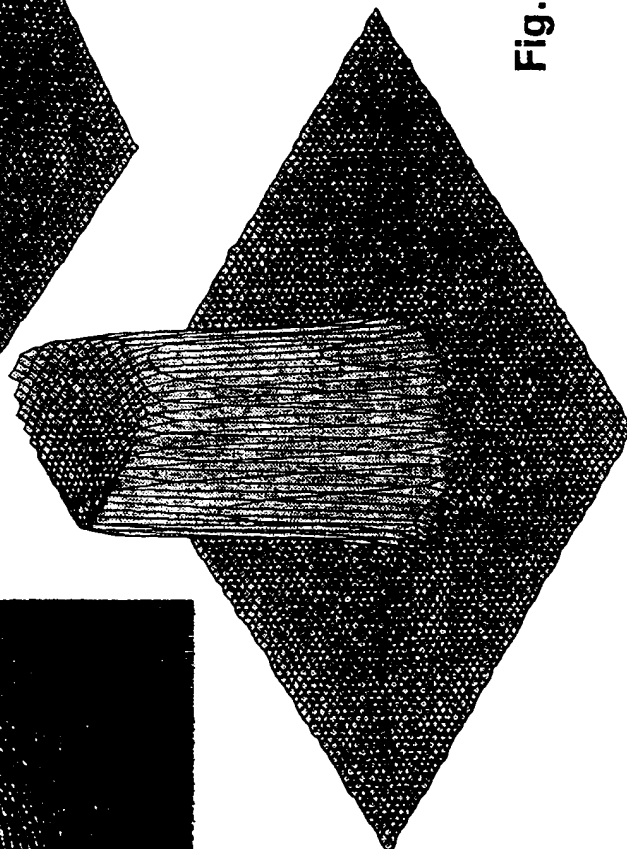


Fig. 8

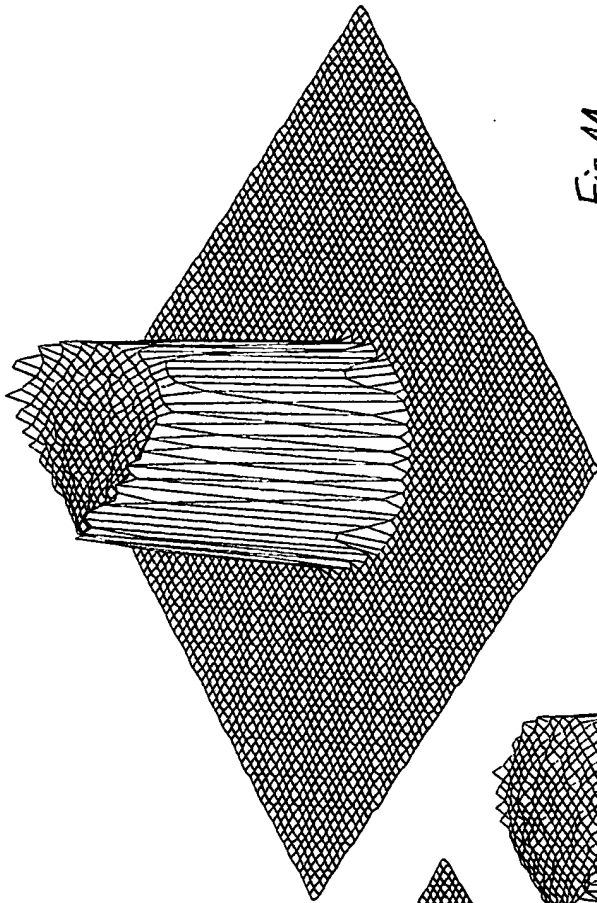


Fig 11

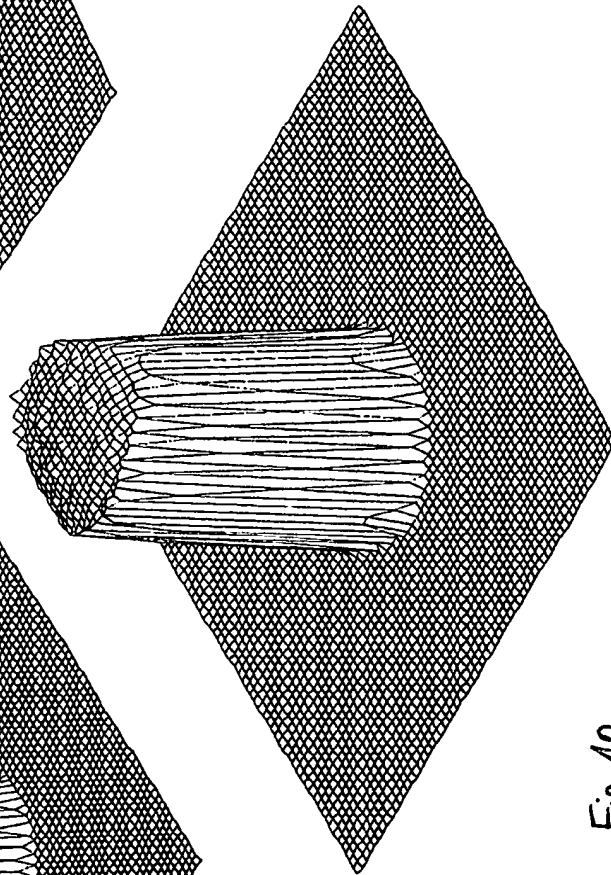


Fig 10

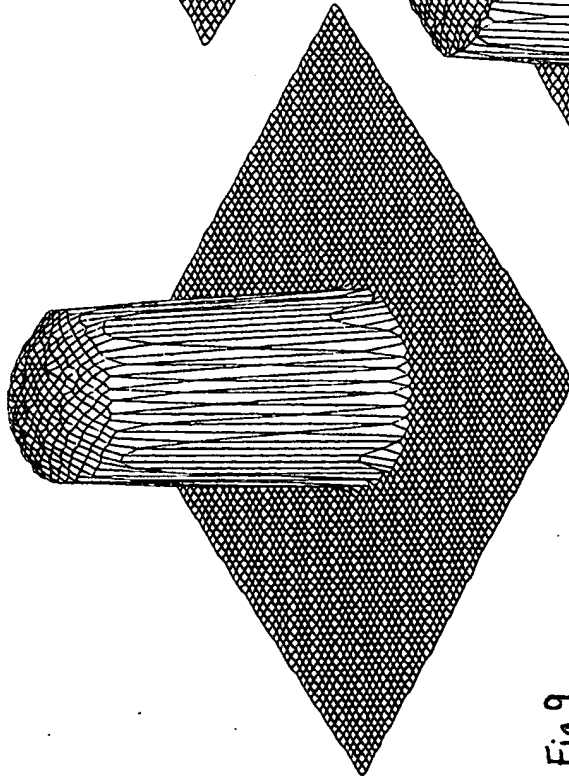


Fig 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.